



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



Dipartimento
di Ingegneria Industriale

Il numero tipico di macchina

Corso di Macchine 1

Agenda

- ▶ Il numero tipico di macchina
- ▶ Il numero tipico di macchina e le perdite
- ▶ Esercizi sul numero tipico di macchina K
- ▶ La scelta del regime di rotazione
- ▶ Esercizi sulla scelta della velocità di rotazione
- ▶ Approcci alternativi al numero tipico di macchina –
Note Integrative



Il numero tipico di macchina

Il numero tipico di macchina

- I parametri adimensionali finora introdotti **non** esauriscono la gamma dei possibili gruppi adimensionali in quanto, mediante opportune combinazioni di prodotti di potenze è possibile ottenerne molti **altri** e per tutti vale la similitudine meccanica
- Tra questi, uno si rivela di particolare utilità e si ottiene dai numeri funzionali di flusso φ_D e di pressione ψ_D nel modo che segue:

$$K = \frac{\varphi_D^{1/2}}{\psi_D^{3/4}} = \frac{\left(\frac{Q_v}{\omega D^3}\right)^{0,5}}{\left(\frac{gh}{\omega^2 D^2}\right)^{0,75}} = \omega \frac{Q_v^{0,5}}{(gh)^{0,75}}$$

- L'utilità di questo nuovo gruppo adimensionale K risiede nella possibilità di **contrassegnare** le **condizioni di funzionamento di una turbomacchina**, dato che esso lega insieme tutti e tre i parametri di esercizio ω , Q_v e h
- È evidente che due macchine geometricamente simili, in condizioni di similitudine meccanica, devono avere lo stesso valore del numero tipico di macchina K poiché devono avere gli stessi numeri φ_D e ψ_D

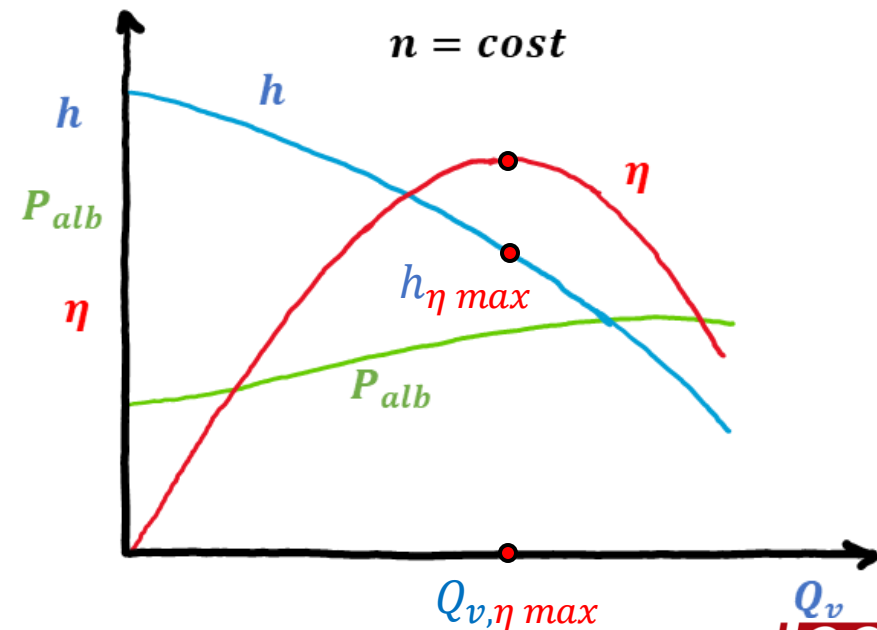


Il numero tipico di macchina

$$K = \frac{\varphi_D^{1/2}}{\psi_D^{3/4}} = \omega \frac{Q_v^{0,5}}{(gh)^{0,75}}$$

- Se ci si limita a queste considerazioni, **non** si hanno **informazioni** qualitative in più rispetto a quelle fornite dai numeri di pressione ψ e di flusso φ
- Dato che K contrassegna le condizioni di funzionamento di una turbomacchina, (stessi φ e $\psi \Rightarrow$ stessi **triangoli** delle velocità), si può pensare di **limitare** la definizione di K alle sole condizioni di **massimo rendimento**, di maggiore interesse nelle applicazioni

$$K = \omega \frac{Q_{v,\eta \max}^{0,5}}{(gh_{\eta \max})^{0,75}}$$



Il numero tipico di macchina

- L'esperienza dimostra infatti che **ciascuna categoria di macchine** ha una resa soddisfacente, cioè un **rendimento** elevato, solo per **K** compresi in un certo intervallo

- Così, ad esempio, per le pompe quando:

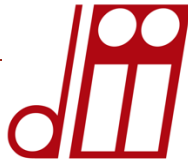
$0,2 \leq K \leq 0,8$ la geometria è solitamente **radiale**

$0,8 \leq K \leq 2,6$ la geometria è solitamente **assial-centrifuga**

$K \geq 2,6$ la geometria è solitamente **assiale**

	K	ψ	φ
<u>Turbopompe</u>			
Radiali	0,10 + 0,80	0,56 + 0,48	0,08 + 0,15
Miste	0,80 + 2,60	0,48 + 0,25	0,15 + 0,26
Assiali	2,60 + 6,00	0,16 + 0,08	0,25 + 0,40
<u>Turbine Idrauliche</u>			
Pelton	0,04 + 0,35	2	2
Francis lente	0,35 + 0,60	1,2 + 0,95	0,15 + 0,20
Francis medie	0,60 + 1,2	0,95 + 0,85	0,20 + 0,30
Francis veloci	1,20 + 2,50	0,85 + 0,75	0,30 + 0,45
Assiali	2,50 + 6	0,30 + 0,11	0,25 + 0,40

- Per $K \leq 0,2$ il settore è solitamente coperto dalle **pompe volumetriche**



Il numero tipico di macchina

	K	ψ	φ
<u>Turbopompe</u>			
Radiali	0,10 + 0,80	0,56 + 0,48	0,08 + 0,15
Miste	0,80 + 2,60	0,48 + 0,25	0,15 + 0,26
Assiali	2,60 + 6,00	0,16 + 0,08	0,25 + 0,40
<u>Turbine Idrauliche</u>			
Pelton	0,04 + 0,35	2	2
Francis lente	0,35 + 0,60	1,2 + 0,95	0,15 + 0,20
Francis medie	0,60 + 1,2	0,95 + 0,85	0,20 + 0,30
Francis veloci	1,20 + 2,50	0,85 + 0,75	0,30 + 0,45
Assiali	2,50 + 6	0,30 + 0,11	0,25 + 0,40

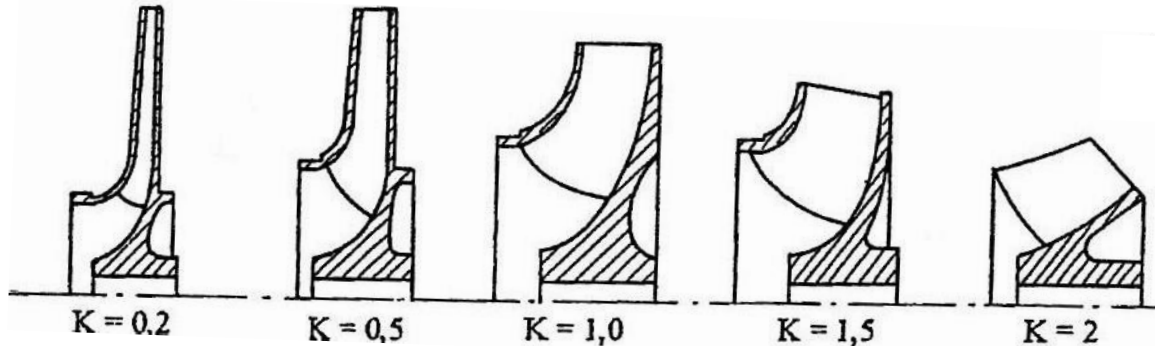
$$K = \omega \frac{Q_v^{0,5}}{(gh)^{0,75}}$$

$$\varphi = \frac{C_m}{U} = \frac{2 Q_v}{\pi D^2 B \omega} \quad \psi = \frac{gh}{U^2}$$

- Il valore di K precisato con queste modalità (cioè per Q_v e h di massimo rendimento), ha dunque la capacità intrinseca di **contrassegnare** il tipo di macchina, consentendone pertanto una **classificazione** in gruppi o famiglie
- Per questi motivi K è noto come **numero tipico di macchina**



Il numero tipico di macchina



$$K = \omega \frac{Q_v^{0.5}}{(gh)^{0.75}}$$
$$\varphi = \frac{C_m}{U} = \frac{2 Q_v}{\pi D^2 B \omega} \quad \psi = \frac{gh}{U^2}$$

- Il numero tipico di macchina K è rappresentativo **non solo** dell'assetto della corrente nelle condizioni di massimo rendimento **ma anche** della configurazione **geometrica** della macchina
- A **parità** di ω , quando K è piccolo significa che la prevalenza h è comparativamente più elevata della portata Q_v

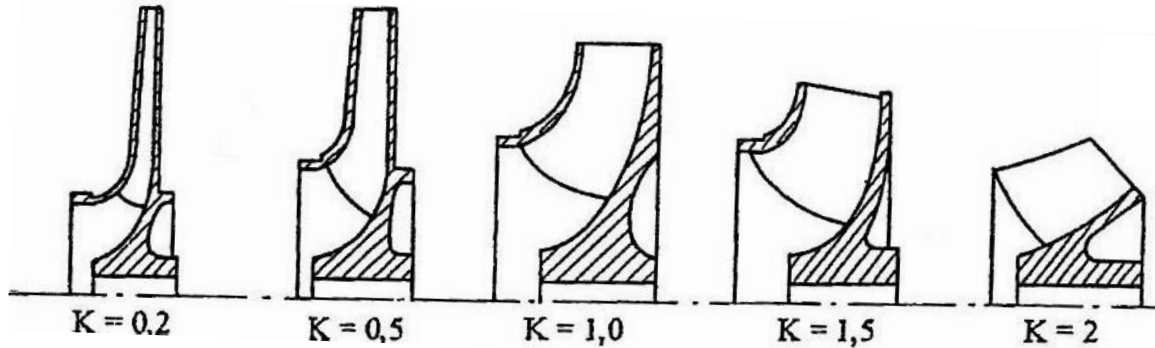
...ma:

$$h \propto D^2$$
$$Q_v \propto D^2 B$$



al **diminuire** di K i condotti palari diventano lunghi (D aumenta per consentire elevate h) e stretti (a pari distanza dall'asse la larghezza B della girante si riduce perché diminuisce la portata Q_v)

Il numero tipico di macchina



$$K = \omega \frac{Q_v^{0.5}}{(gh)^{0.75}}$$
$$\varphi = \frac{C_m}{U} = \frac{2 Q_v}{\pi D^2 B \omega} \quad \psi = \frac{gh}{U^2}$$

- Con riferimento all'esempio precedente, all'aumentare di K accade l'opposto:

h diminuisce $\rightarrow D$ diminuisce

Q_v aumenta $\rightarrow B/D$ aumenta

e la girante da radiale tende ad acquisire una configurazione mista fino a diventare completamente assiale

- Allo stesso modo è anche possibile seguire l'evoluzione delle perdite idrauliche, volumetriche e per ventilazione

